

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-255474

(P2001-255474A)

(43)公開日 平成13年9月21日(2001.9.21)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 26/08

識別記号

F I

G 0 2 B 26/08

テマコード(参考)

E 2 H 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数14 O.L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願2000-69711(P2000-69711)

(22)出願日 平成12年3月14日(2000.3.14)

(71)出願人 000208891

ケイディーディーアイ株式会社

東京都新宿区西新宿二丁目3番2号

(72)発明者 長尾 康之

埼玉県上福岡市大原2-1-15 株式会社

ケイディディ研究所内

(72)発明者 加藤 利雄

埼玉県上福岡市大原2-1-15 株式会社

ケイディディ研究所内

(74)代理人 100069257

弁理士 大塚 学

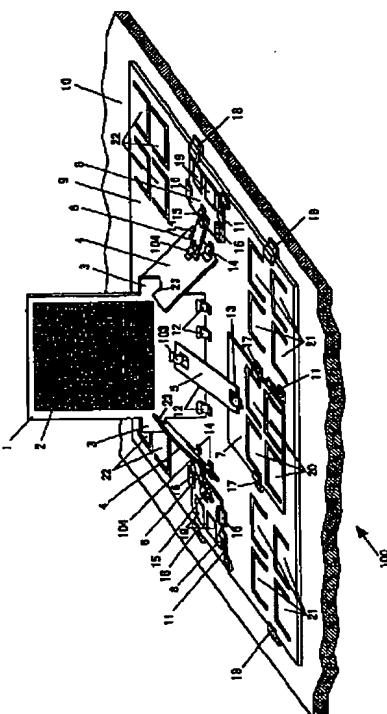
最終頁に続く

(54)【発明の名称】光ビーム空間伝播型光スイッチ

(57)【要約】

【課題】マイクロミラーの角度精度が高く大規模マトリクススイッチ化に適しあつ自動組み立てを実行する機械の採用により製造が容易な光ビーム空間伝搬型光スイッチを提供する。

【解決手段】基板上を規制された方向にのみ並行移動可能な反射鏡スライダと、基板に対して垂直になるまで回転可能なるように反射鏡スライダに取り付けられたマイクロミラー型反射鏡と、反射鏡を基板に垂直になる姿勢まで引き起こしてその位置で固定する反射鏡組み立て機構と、その反射鏡の姿勢を維持するために前記反射鏡スライダに取り付けられた支持板を含む支持板組み立て機構とが予め備えられている。これらの組み立て機構により引き起こされた反射鏡の姿勢が支持板により支持されて組み立てが完了した状態で、反射鏡スライダの前後移動によって、反射鏡に入射する入力光の光路が切り替えられるように構成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、

該基板上を前記基板に固定されたガイドで規制された方向にのみ並行移動可能な反射鏡スライダと、  
該反射鏡スライダを前記ガイドで規制された方向に前後移動させるためのアクチュエータと、  
一端側の縁が少なくとも一つの第一のヒンジにより、該第一のヒンジの回転軸を回転中心として前記基板に対して垂直になるまで回転可能なるように、前記反射鏡スライダに取り付けられたマイクロミラー型反射鏡と、  
前記反射鏡に第二のヒンジを介して結合され、前記反射鏡を前記基板に垂直になる姿勢まで引き起こしてその位置で固定する固定機構を含む反射鏡組み立て機構と、  
前記反射鏡が前記基板に垂直になる姿勢まで引き起こされた状態になったときの該反射鏡の姿勢を維持するため、前記反射鏡スライダに取り付けられた支持板を含む支持板組み立て機構とが、予め備えられ、  
前記反射鏡組み立て機構により前記反射鏡が前記引き起こされた状態で固定され、かつ、前記支持板組み立て機構により前記引き起こされた前記反射鏡の姿勢が前記支持板により支持されて前記反射鏡の組み立てが完了し、

該組み立てが完了した状態で前記反射鏡スライダを前記アクチュエータによる前記前後移動によって、前記反射面を設けた前記反射鏡が該反射鏡に入射する空間伝播光ビームを反射して光路を折り曲げる第一の位置にあるかまたは該空間伝播光ビームを遮らない第二の位置にあるかに従って、該反射鏡に入射する入力光の光路が切り替えられるように構成された光ビーム空間伝播型光スイッチ。

【請求項 2】 基板と、

該基板上を前記基板に固定されたガイドで規制された方向にのみ並行移動可能な反射鏡スライダと、  
該反射鏡スライダを前記ガイドで規制された方向に前後移動させるためのアクチュエータと、  
一端側の縁が少なくとも一つの第一のヒンジにより、該第一のヒンジの回転軸を回転中心として前記基板に対して垂直まで回転可能なるように、前記反射鏡スライダに取り付けられたマイクロミラー型反射鏡と、  
前記反射鏡に第二のヒンジを介して結合され、前記反射鏡を前記基板に垂直になる姿勢まで引き起こしてその位置で固定するための固定機構を含む反射鏡組み立て機構と、  
前記反射鏡の側縁端部を挟持するための切り込みスリットを一端側に有し、前記反射鏡が前記基板に垂直になる姿勢まで引き起こされた状態にあるときに前記切り込みスリットが前記側縁端部を挟持し、かつ、他端側が第三のヒンジにより、該第三のヒンジの回転軸を回転中心として回転可能なるように、前記反射鏡スライダに取り付け

られた少なくとも一つの支持板と、

前記支持板に第四のヒンジを介して結合され、前記反射鏡が前記基板に垂直になる姿勢まで引き起こされた状態にあるときに前記切り込みスリットが前記側縁端部を挟持する姿勢まで引き起こされたその位置で固定するための固定機構を含む支持板組み立て機構が備えられ、  
前記反射鏡組み立て機構により前記反射鏡が前記引き起こされた状態で固定され、かつ、前記支持板組み立て機構により前記引き起こされた前記支持板が前記固定された該反射鏡の前記側縁部を挟持して組み立てが完了し、該組み立てが完了した状態で前記反射鏡スライダを前記アクチュエータによる前記前後移動によって、前記反射面を設けた前記反射鏡が該反射鏡に入射する空間伝播光ビームを反射して光路を折り曲げる第一の位置にあるかまたは該空間伝播光ビームを遮らない第二の位置にあるかに従って、該反射鏡に入射する入力光の光路が切り替えられるように構成された光ビーム空間伝播型光スイッチ。

【請求項 3】 前記反射鏡組み立て機構が、前記反射鏡スライダ上に該反射鏡スライダの前記並行移動の方向に沿って並進移動が可能なるように配置された反射鏡組み立て用スライダと、前記反射鏡の下部と前記反射鏡組み立て用スライダの一端部とを連結する反射鏡連結棒と、前記反射鏡組み立て用スライダの前記並進移動を前記反射鏡が前記引き起こされた状態で停止させるために前記反射鏡組み立て用スライダの他端部を係止するように前記反射鏡組み立てスライダ上に配置された前記反射鏡組み立て用スライダの固定機構とを備えたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光ビーム空間伝播型光スイッチ。

【請求項 4】 前記反射鏡スライダには前記反射鏡の設置位置から前記反射面の前面の位置に縦長開口部が設けられており、

前記反射鏡組み立て機構が、前記基板上で前記反射鏡スライダの前記縦長開口部内に位置するよう固定された反射鏡組み立てアンカと、一端側が前記反射鏡の下部と連結され他端側の側縁には前記反射鏡組み立てアンカと引っ掛かる突起部を有するとともに該他端の先端にはくさび部を設けた反射鏡連結棒と、前記反射鏡が該反射鏡スライダの該並行移動に伴って前記反射鏡連結棒の前記突起部が前記基板上の前記反射鏡組み立てアンカに引っ張られることにより前記反射鏡が前記引き起こされた状態で前記反射鏡スライダの前記並行移動を停止させるために前記反射鏡連結棒を前記反射鏡スライダの前記長開口部内に係止固定する固定機構とを備えたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光ビーム空間伝播型光スイッチ。

【請求項 5】 前記支持板組み立て機構が、前記反射鏡スライダ上に該反射鏡スライダの前記並行移動の方向に直交する方向に沿って前記反射鏡から遠くなる並進移動

(3)

特開2001-255474

3

が可能なるように配置された支持板組み立て用スライダと、前記支持板と前記支持板組み立て用スライダの一端部とを連結する支持板連結棒と、前記支持板組み立て用スライダの前記並進移動を前記反射鏡が前記基板に垂直になる姿勢まで引き起こされた状態にあるときに前記切り込みスリットが前記側縁端部を挟持する姿勢まで引き起こされたその位置で固定するために前記支持板組み立て用スライダの他端部を係止するように前記反射鏡組み立てスライダ上に配置された前記支持板組み立て用スライダの固定機構とを備えたことを特徴とする請求項1または2に記載の光ビーム空間伝播型光スイッチ。

**【請求項6】** 前記反射鏡スライダには、前記反射鏡の設置位置の両側又は両側のうちの一方の位置に縦長主開口部が設けられるとともに、一端が該縦長主開口部と連結され他端が前記反射鏡から遠ざかるように位置しかつ前記縦長主開口部の方向と直交するように配置された横長側路とが設けられており、

前記支持板組み立て機構が、前記基板上で前記反射鏡スライダの前記縦長開口部内に位置するように固定された支持板組み立てアンカと、前記反射鏡スライダの前記横長側路内に位置し該横長側路に沿って前記縦長主開口部内に突出する位置まで移動可能なるように配置された支持板組み立てスライダと、前記支持板と前記支持板組み立て用スライダの一端部とを該支持板組み立てスライダの先端が前記縦長主開口部内に突出している位置で連結する支持板連結棒とを備え、

前記支持板組み立てアンカと前記支持板組み立てスライダとは、前記反射鏡スライダの該並行移動に伴って該支持板組み立てアンカが該支持板組み立てスライダの一部に接触して該支持板組み立てスライダを前記横長側路の奥に押し込む作用をするように構成配置され、

該支持板組み立てスライダと横長側路とには、前記反射鏡が前記基板に垂直になる姿勢まで引き起こされた状態にあるときに前記支持板の前記切り込みスリットが前記反射鏡を挟持する姿勢まで引き起こされているその位置で、前記支持板組み立て用スライダの前記並進移動を停止停止する固定機構を備えたことを特徴とする請求項1または2に記載の光ビーム空間伝播型光スイッチ。

**【請求項7】** 基板と、

該基板上を前記基板に固定されたガイドで規制された方向にのみ並行移動可能な反射鏡スライダと、

該反射鏡スライダを前記ガイドで規制された方向に前後移動させるためのアクチュエータと、

少なくとも一組の入力および出力光ファイバと、該入力光ファイバから出た光を前記基板と光軸が平行な空間伝播光ビームに変換する第一のレンズと、前記空間伝播光ビームを前記出力光ファイバに集光する第二のレンズと、

一端側の縁が少なくとも一つの第一のヒンジにより、該第一のヒンジの回転軸を回転中心として前記基板に対し

4

て垂直まで回転可能なるように、前記反射鏡スライダに取り付けられたマイクロミラー型反射鏡と、該反射鏡上に配置された反射面と、

前記反射鏡に第二のヒンジを介して結合され、前記反射鏡を前記基板に垂直になる姿勢まで引き起こしてその位置で固定するための固定機構を含む反射鏡組み立て機構と、

前記基板に垂直になる姿勢まで引き起こされた状態の前記反射鏡の側縁端部を挟持するための切り込みスリット

10 を一端側に有し、前記反射鏡が前記基板に垂直になる姿勢まで引き起こされた状態にあるときに前記切り込みスリットが前記側縁端部を挟持する位置に配置されるように、他端側が第三のヒンジにより、該第三のヒンジの回転軸を回転中心として回転可能なるように、前記反射鏡スライダに取り付けられた少なくとも一つの支持板と、前記支持板に第四のヒンジを介して結合され、前記反射鏡が前記基板に垂直になる姿勢まで引き起こされた状態にあるときに前記切り込みスリットが前記側縁端部を挟持する姿勢まで引き起こされたその位置で固定するための固定機構を含む支持板組み立て機構が備えられ、

前記反射鏡組み立て機構により前記反射鏡が前記引き起こされた状態で固定され、かつ、前記支持板組み立て機構により前記引き起こされた前記支持板が前記固定された該反射鏡の前記側縁部を挟持して組み立てが完了し、該組み立てが完了した状態で前記反射鏡スライダを前記アクチュエータによる前記前後移動によって、前記反射面を設けた前記反射鏡が前記空間伝播光ビームを反射して光路を折り曲げる第一の位置にあるかまたは前記空間伝播光ビームを遮らない第二の位置にあるかに従って、

30 該反射鏡に入射する入力光の光路が切り替えられるよう構成された光ビーム空間伝播型光スイッチ。

**【請求項8】** マトリクス状に配置された複数の光スイッチのおおのは請求項1乃至7のいずれかに記載の構成を有する光ビーム空間伝播型光スイッチであることを特徴とするマトリクス光スイッチ。

**【請求項9】** 前記反射鏡組み立て機構と前記支持板組み立て機構とは、組み立て用アクチュエータが個別に設けられていることを特徴とする請求項1, 2, 3, 5又は7に記載の光ビーム空間伝播型光スイッチ。

40 **【請求項10】** マトリクス状に配置された複数の光スイッチのおおのは請求項9に記載の構成を有する光ビーム空間伝播型光スイッチであることを特徴とするマトリクス光スイッチ。

**【請求項11】** 組み立て用アクチュエータは前記支持板組み立て機構に対してのみ用いられていることを特徴とする請求項1, 2, 4, 5又は7に記載の光ビーム空間伝播型光スイッチ。

**【請求項12】** マトリクス状に配置された複数の光スイッチのおおのは請求項11に記載の構成を有する光ビーム空間伝播型光スイッチであることを特徴とするマ

50

トリクス光スイッチ。

【請求項13】組み立て用アクチュエータは前記反射鏡組み立て機構に対してのみ用いられていることを特徴とする請求項1, 2, 3, 6又は7に記載の光ビーム空間伝播型光スイッチ。

【請求項14】マトリクス状に配置された複数の光スイッチのおおのは請求項13に記載の構成を有する光ビーム空間伝播型光スイッチであることを特徴とするマトリクス光スイッチ。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光情報処理機器、光計測機器および光通信機器等の光回路に用いる光スイッチに係わり、特に小型化および集積化に有用なマイクロマシン技術を用いた光ビーム空間伝播型光スイッチに関するものである。

##### 【0002】

【従来の技術】従来技術のマイクロマシン光スイッチには、トーションミラー型 (H. Toshiyoshi and H. Fujita, "Electrostatic micro torsion mirrors for an optical switch matrix", J. Microelectromech. Syst., vol. 5, pp. 231-237, 1996.) や米国特許第5960132号「Fiber-optic Free-space Micromachined MatrixSwitches」などがある。前者は基板に開口部を設け、その内部に弾性変形可能な梁で接続された静電気力で回転可能なマイクロミラーを設けるとともに、基板に溝を設けて光ファイバを固定している。光ファイバから出射して空間を伝播する光ビームを基板に垂直状態のマイクロミラーで反射するか、又は水平状態にマイクロミラーを回転させて反射しないでそのまま直進させるかを切り替えて、出口側の異なる光ファイバに導き光スイッチ動作を実現している。また、後者の光スイッチは、基板上に表面マイクロマシン技術などで自由に回転可能なマイクロミラーを設け、マイクロミラーを連結棒とヒンジを介して静電アクチュエータと結合してアクチュエータの基板上での移動に応じてマイクロミラーを基板と平行な状態と垂直な状態に切り替えることができるよう構成されている。光ファイバから出射した光をレンズでコリメートし、空間伝播する光ビームを基板に垂直状態のマイクロミラーで反射するか、水平状態にマイクロミラーを回転させて反射しないでそのまま直進させるかを切り替えて、出口側の異なるレンズおよび光ファイバの組みに導き光スイッチ動作を実現している。また、同じく表面マイクロマシン技術で基板に直立させたマイクロミラーを静電アクチュエータでスライドさせて光ビームの光路切り替えを行う3次元マイクロミラー光スイッチ (S. S. Lee, E. Motamedi, and M. C. Wu, "Surface-micromachined free-space fiber optic switches with integrated microactuators for optical fiber communication systems", Transducers '97, 1997 International Co

nference on Solid-State Sensors and Actuators, Chicago, Jun. 16-19, 1997, paper 1A4.07P.) もある。

##### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来技術のトーションミラー型のような光スイッチでは、製造において基板にマイクロミラーを垂直に立てることが可能な深さの凹部を形成するための加工を施す必要があり、また、別体でミラーの角度精度を決めるストップを精密加工した基板を要するなど加工に時間がかかりひいては製造コストが嵩む。米国特許第5960132号のような光スイッチは、LSI 製造工程と類似の表面マイクロマシン技術で一括製造することができるためコストの面で有利である。しかし、光スイッチエレメントを多数配置したマトリクススイッチを構成する場合、光ビームの空間伝播距離が長くなるため、マイクロミラーの垂直からの角度偏差を極めて小さくしないと入力側光ファイバと出力側光ファイバの光軸ずれが原因で損失の増大を招くことになる。米国特許第5960132号のような光スイッチでは、回転マイクロミラーの駆動に静電型のスクラッチドライブアクチュエータ (P. Langlet, D. Collard, T. Akaiyama and H. Fujita, "A Quantitative Analysis of Scratch Drive Actuation for Integrated X/Y Motion System", Transducers '97, 1997 International Conference on Solid-State Sensors and Actuators, Chicago, Jun. 16-19, 1997, pp. 773-776.) のような数十ナノメートル単位で移動距離を制御可能なアクチュエータを用いることによりマイクロミラー回転角度を精密制御することは可能であるが、特に精密さを要求される大規模マトリクススイッチではマイクロマシン製造技術に不可避免のヒンジの遊びを補正するために、付加的にフィードバック電気回路を設けてスイッチングの度毎にこの補正を制御をする必要が生じ、コスト増大要因となる。3次元マイクロミラー型では、マイクロミラーの両側端を支持板ではさんで垂直に固定するため角度精度に優れているが、製造プロセスの最後にマイクロプローバを用いて手作業でマイクロミラーや支持板を引き起こして組み立てる作業が必要であるため歩留まりも悪く高コストで、大規模マトリクススイッチには適していない。

【0004】本発明の目的は、上述した従来技術の問題点を解決するためになされたものであり、マイクロミラーの角度精度が高く大規模マトリクススイッチ化に適し、かつ自動組み立てを実行する機構の採用により製造が容易で低コストの光ビーム空間伝播型光スイッチを提供することである。

##### 【0005】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するため、本発明による光ビーム空間伝播型光スイッチは、基板と、該基板上を前記基板に固定されたガイドで規制された方向にのみ並行移動可能な反射鏡スライダと、該反射鏡スライダを前記ガイドで規制された方向に前後移動

させるためのアクチュエータと、一端側の縁が少なくとも一つの第一のヒンジにより、該第一のヒンジの回転軸を回転中心として前記基板に対して垂直になるまで回転可能なるように、前記反射鏡スライダに取り付けられたマイクロミラー型反射鏡と、前記反射鏡に第二のヒンジを介して結合され、前記反射鏡を前記基板に垂直になる姿勢まで引き起こしてその位置で固定する固定機構を含む反射鏡組み立て機構と、前記反射鏡が前記基板に垂直になる姿勢まで引き起こされた状態になったときの該反射鏡の姿勢を維持するために、前記反射鏡スライダに取り付けられた支持板を含む支持板組み立て機構とが、予め備えられ、前記反射鏡組み立て機構により前記反射鏡が前記引き起こされた状態で固定され、かつ、前記支持板組み立て機構により前記引き起こされ固定された前記反射鏡の姿勢が前記支持板により支持されて前記反射鏡の組み立てが完了し、該組み立てが完了した状態で前記反射鏡スライダを前記アクチュエータによる前記前後移動によって、前記反射面を設けた前記反射鏡が該反射鏡に入射する空間伝播光ビームを反射して光路を折り曲げる第一の位置にあるかまたは該空間伝播光ビームを遮らない第二の位置にあるかに従って、該反射鏡に入射する入力光の光路が切り替えられるように構成されている。

## 【0006】

【発明の実施の形態】本発明による光ビーム空間伝播型光スイッチは、入射光の光路を直進させるかまたは折り曲げるかを、スイッチのON状態とOFF状態との一方と他方に対応させて使用することができる。また、本発明による光ビーム空間伝播型光スイッチを複数個配置したマトリクススイッチでは複数の入力光の光路を個別に制御することができる。例えば、4枚の反射鏡を各中心が一つの正方形（または平行四辺形）の各頂点の位置に互いに平行になるように配置して、これらの反射鏡に前記の正方形か平行四辺形の相対向する一方の組の二辺にそれぞれ沿う方向に二つの入力光 $I_1$ ,  $I_2$ を入射させれば、その正方形または平行四辺形の他方の組の二辺にそれぞれ沿う方向に二つの出力光 $O_1$ ,  $O_2$ を取り出すことができる。この場合には、4枚の反射鏡のON-OFF状態の制御により $I_1 \rightarrow O_1$ ,  $I_2 \rightarrow O_2$ の入出力関係（平行状態）と $I_1 \rightarrow O_2$ ,  $I_2 \rightarrow O_1$ の入出力関係（交差状態）とが切り替え選択されることになる。これを拡張して、 $M \times N$  ( $N \geq M > 1$  の整数) 個の反射鏡を $M$ 行 $N$ 列のマトリクス状に配置して第 $m$ 行では第 $n$ 列 ( $m, n$  は正の整数で  $M \geq m \geq 1$ ,  $N \geq n \geq 1$ ) の反射鏡のみをON（反射状態）にして、 $I_m \rightarrow O_n$  の入出力関係が得られ、非閉塞の $M$ 入力 $N$ 出力の光スイッチを構成することができる。

【0007】（実施例1）図1は本発明の第1の実施例である。この実施例において、100は本実施例の主要部である光スイッチ、10は半導体材料等の表面が平坦な基板である。1は一端側の縁が第一のヒンジ12によ

り、該第一のヒンジ12の回転軸を回転中心として回転可能なるように、反射鏡スライダ9上に取り付けられた反射鏡である。2はこの反射鏡1の上に光ビームを反射する材料で形成された反射面、3は反射鏡1の側縁に設けられた反射鏡側縁端部（張出部）である。

【0008】反射鏡スライダ9は、基板10の表面上に配置され、基板10に固定された反射鏡スライダガイド18によって決められた方向にのみ並進移動が可能である。反射鏡スライダ9の移動範囲は、図2(a)に示すように反射面2の中心に入射光ビーム200の光軸が当たる反射状態における基板10上の位置300から、図2(b)に示すように反射鏡1が入射光ビーム200を全く遮らず透過光ビーム202として反射鏡1を通過するまでに後退した非反射状態における基板10上の位置301までである。反射鏡スライダ9の移動制御は、非反射状態における位置301から反射状態における位置300の方向へ動かす反射鏡移動用第1のアクチュエータ21、および反対方向へ動かす反射鏡移動用第2のアクチュエータ22により行われる。反射状態における位置300は高精度に決める必要があるので、基板10に固定したストッパを用いることで解決することができる。非反射状態における位置301の精度は高い必要はない。

【0009】反射鏡1には第二のヒンジ103を介して反射鏡1を基板10に垂直になる姿勢まで引き起こして固定する反射鏡組み立て機構101が結合されている。本実施例において、反射鏡組み立て機構101は、スライダ9の表面上を滑動可能なるように配置された反射鏡組み立て用スライダ7と、反射鏡1の下部と反射鏡組み立て用スライダ7とを連結する反射鏡連結棒5と、反射鏡組み立て用スライダ7の固定機構11と、反射鏡連結棒ヒンジ13と、スライダ用ガイド17と、反射鏡組み立て用アクチュエータ20とで構成される。

【0010】4は支持板であり、基板10に垂直になる姿勢まで引き起こされた状態の反射鏡1の側縁端部3を挟持するためのスリット23を一端側に有し、反射鏡1が基板10に垂直になる姿勢まで引き起こされた状態にあるときにスリット23が反射鏡側縁端部3を挟持する位置に配置されるように、他端側が支持板ヒンジ（第三のヒンジ）14により、第三のヒンジ14の回転軸を回転中心として回転可能なるように、反射鏡スライダ9に取り付けられている。支持板4には、反射鏡1が基板10に垂直になる姿勢まで引き起こされた状態にあるときに、スリット23が反射鏡側縁端部3を挟持する姿勢まで支持板組み立て機構結合ヒンジ（第四のヒンジ）104を回転中心としてその支持板4を引き起こして、その位置で停止する支持板組み立て機構102が結合されている。本実施例において、支持板組み立て機構102は、支持板連結棒6、支持板組み立て用スライダ8、固定機構11、支持板連結棒ヒンジ15、支持板組み立て

用ガイド16、支持板組み立て用アクチュエータ19とで構成されている。支持板連結棒6は、支持板4とスライダ8とを連結している。本実施例では、アクチュエータとして、すべて静電型のスクラッチドライブアクチュエータを用いている。

【0011】図3～5は、本実施例の光スイッチの組み立てについて説明するための図である。

【0012】図3は組み立て前の光スイッチ100の俯瞰図であり、基板10は省略してある。この状態では反射鏡1および支持板4は、反射鏡スライダ9と平行になるよう倒置された状態である。この状態から反射鏡組み立て用アクチュエータ20により反射鏡組み立て用スライダ7を反射鏡組み立て用ガイド17に沿って図の下方へ移動させると、駆動力は反射鏡連結棒5および反射鏡連結棒ヒンジ13を通じて反射鏡1に伝達されて、反射鏡1は反射鏡スライダ9および基板10に対して垂直になるまで手前に引き起こされ、固定機構11によりその位置に固定される。次いで、支持板組み立て用アクチュエータ19により支持板組み立て用スライダ8を支持板組み立て用ガイド16に沿って図の左側のスライダ8は左方向に図の右側のスライダ8は右方向に反射鏡スライダ9の外側の縁に向かって移動させると、駆動力は支持板連結棒6および支持板連結棒ヒンジ15を通じて支持板4に伝達されて支持板4は引き起こされる。支持板4の一端側に設けたスリット23が反射鏡側縁端部（張出部）3を挟持する姿勢まで支持板4が引き起こされたとき、固定機構11により支持板4をその位置に固定する。

【0013】図4は組み立て後の光スイッチ100の俯瞰図であり、反射鏡1が反射鏡スライダ9および基板10に対して垂直に立ち、支持板4の一端側に設けたスリット23が反射鏡側縁端部（引出部）3を挟持した状態となっている。図4の矢印Aの方向から光スイッチ100を見たのが図5であり、組み立て後はこの状態で基板10の表面上を反射鏡スライダ9が移動して図2に示したようなスイッチング動作を行う。このように、本発明では光スイッチの組み立て工程をアクチュエータにより自動化している。また、支持板4の一端側に設けたスリット23が反射鏡側縁端部（引出部）3を挟み込んで反射鏡スライダ9および基板10に対して反射鏡1が垂直になるように高精度に位置決めを行うことができる。また、振動等に対する安定性を向上させることも可能となる。

【0014】図6は固定機構11の構成及び機能を詳細に説明するための図である。本実施例の固定機構11は、くさび部11aと、弾性梁11bおよび反射鏡スライダ9に固定されたアンカ11cにより構成される。図6（a）は組み立て前の状態であり、図3に示した状態と同じである。くさび部11aは支持板組み立て用スライダ8と離れた状態である。図6（b）は組み立て中の

状態を示しており、図3と図4の中間の状態である。支持板組み立て用スライダ8の左方及び右方への移動により、くさび部11aは支持板組み立て用スライダ8の図示外側下端の位置に接触するが、弾性梁11bが撓んでくさび部11aは支持板組み立て用スライダ8の側面図示下縁外側端に沿うことになる。さらに、支持板組み立て用スライダ8が左方に移動し、支持板4の一端側に設けたスリット23が反射鏡側縁端部（張出部）3を挟持する姿勢まで反射鏡1が引き起こされた状態で、ちょうどくさび部11aの先端がくさび形切り込み24にはまり込んで支持板組み立て用スライダ8を固定する。この状態が図6（c）である。

【0015】以上のような構成により、反射鏡1に入射する入射光ビーム200の光路が切り替えられるようにした光スイッチが実現可能である。

【0016】図7は、本発明の光スイッチの具体的な使用例として、単純なON-OFFスイッチを構成した場合である。この光路構成では、直進方向を出力としており、光ファイバ25aからの入射光は、レンズ26aで20コリメートされてスイッチ100に入射し、反射鏡1が前記反射状態における位置300（OFF状態）では反射されて光路が折り曲げられるが、反射鏡1が前記非反射状態における位置301（ON状態）では直進する。この構成では、出力は反射鏡1が非反射状態における位置301で光が直進通過した方向にレンズ26bを置き出力側の光ファイバ25bに集光して出力を取り出す。

【0017】図8は図7の構成の変形であり、光路が直進通過の場合と反射鏡1で折り曲げられる場合のそれぞれ出力O<sub>1</sub>およびO<sub>2</sub>として取り出す1入力2出力（130×2）光スイッチの構成である。

【0018】以上の説明において、各アクチュエータは静電型のスクラッチドライブアクチュエータを用いているが、これに限らず所望の駆動力とストロークを達成し得るものであればよい。また、固定機構11としてアンカ11c側にくさび部11aおよび弾性梁11bを取り付けたものを一組用いた構成を図6で説明したが、これに限らず複数の組を用いてもよい。また、図9に示すように反射鏡組み立て用スライダ7あるいは支持板組み立て用スライダ8にくさび部11aおよび弾性梁11bを取り付けてくさび状の切れ込みを設けたくさび受けアンカ11dを反射鏡スライダ9に固定した構成でも同様の機能を達成することができる。

【0019】（実施例2）図10は本発明の第2の実施例である。この実施例において、100は本実施例の光スイッチ、10は半導体材料等の表面が平坦な基板である。1は一端側の縁が反射鏡ヒンジ（第一のヒンジ）12により、該第一のヒンジ12の回転軸を回転中心として回転可能なるように、反射鏡スライダ9上に取り付けられた反射鏡である。この反射鏡1上に光ビームを反射する材料で形成された反射面2を、また両側縁に反射鏡

側縁端部（張出部）3を設けている。

【0020】反射鏡スライダ9は基板10の表面上に配置され、基板10に固定された反射鏡スライダガイド18によって決められた方向にのみ並進移動が可能である。反射鏡スライダ9の移動範囲は、組み立て後において図2(a)に示すように反射面2の中心に入射光ビーム200の光軸が当たる反射状態における位置300から、図2(b)に示すように反射鏡1が入射光ビーム200を全く遮らず透過光ビーム202として反射鏡1を通過するまでに後退した非反射状態における位置301まであるが、組み立て時には反射状態における位置300から非反射状態における位置301に向かう方向で非反射状態における位置301を越えた組み立て時の位置302まで移動される。反射鏡スライダ9の移動は、非反射状態における位置301から反射状態における位置300の方向へ動かす反射鏡移動用第1のアクチュエータ21、および反対方向へ動かす反射鏡移動用第2のアクチュエータ22により行われる。

【0021】反射鏡1には反射鏡組み立て機構結合ヒンジ（第二のヒンジ）103を介して反射鏡1を基板10に垂直になる姿勢まで引き起こして固定する反射鏡組み立て機構101aが結合されている。本実施例において前記反射鏡組み立て機構101aは、反射鏡連結棒5と、くさび部11aと弾性梁11bとくさび形切り込み24からなる固定機構11と、第二のヒンジ103と、反射鏡組み立て用ガイド17と、基板10に固定された反射鏡組み立てアンカ27と、突起28とで構成される。反射鏡連結棒5の一端は、第二のヒンジ103により反射鏡1の下部に接続されており、その他端にくさび部11aと弾性梁11bが設けられているとともに、その他端の側縁には反射鏡を組み立てアンカ27と引っかかる突起28が張り出している。

【0022】4は支持板であり、基板10に垂直になる姿勢まで引き起こされた状態の反射鏡1の側縁端部3を挟持するためのスリット23を一端側に有し、反射鏡1が基板10に垂直になる姿勢まで引き起こされた状態にあるときにスリット23が反射鏡側縁端部3を挟持する位置に配置されるように、他端側が第三のヒンジ14により、支持板ヒンジ（第三のヒンジ）14の回転軸を回転中心として回転可能なるように、反射鏡スライダ9を取り付けられている。支持板4には、反射鏡1が基板10に垂直になる姿勢まで引き起こされた状態にあるときに、スリット23が反射鏡側縁端部3を挟持する姿勢まで支持板組み立て機構結合ヒンジ（第四のヒンジ）104を回転中心としてその支持板4を引き起こして、その位置で停止する支持板組み立て機構102aが結合されている。本実施例において支持板組み立て機構102aは、支持板連結棒6と、支持板組み立て用スライダ8と、くさび部11aと弾性梁11bとくさび形切り込み24からなる固定機構11と、支持板連結棒ヒンジ1

5と、支持板組み立て用ガイド16と、基板10に固定された支持板組み立てアンカ30とで構成される。

【0023】反射鏡スライダ9には、基板10に固定された反射鏡組み立てアンカ27および支持板組み立てアンカ30がその反射鏡スライダ9の移動を妨げないように、反射鏡スライダ9を貫通した反射鏡組み立てアンカ用開口部（縦長開口部）29および支持板組み立てアンカ用開口部（縦長主開口部）31を備えている。反射鏡組み立てアンカ用開口部29の図示下縁には、反射鏡連結棒5の他端部に設けられたくさび部11aと係合するくさび形切り込み24が設けられている。本実施例ではアクチュエータとして、すべて静電型のスクラッチドライブアクチュエータを用いている。

【0024】次に、図10～12を用いて本実施例の光スイッチの組み立てについて説明する。

【0025】図10は組み立て前の光スイッチ100の俯瞰図であり、この状態では反射鏡1および支持板4は、反射鏡スライダ9と平行になるように倒置された状態である。反射鏡スライダ9には、反射鏡1の設置位置から反射面2の前面の位置に縦長開口部29が設けられている。この状態から反射鏡移動用第2のアクチュエータ22により反射鏡スライダ9を反射鏡スライダガイド18に沿って図の上方へ非反射状態における位置301から組み立て時の位置302へ移動させると、反射鏡連結棒5の側縁端部に設けられた突起28は縦長開口部29内に位置するように基板10に固定された反射鏡組み立てアンカ27に引っ掛けられ、反射鏡連結棒5と第二のヒンジ103は反射鏡スライダ9の移動とともに移動するため、反射鏡1は反射鏡組み立て機構結合ヒンジ103を通じて反射鏡連結棒5により引き起こされる。この際に、反射鏡連結棒5の反射鏡組み立て機構結合ヒンジ（第二のヒンジ）103側端部には反射鏡スライダ9から浮き上がる力が作用するが、反射鏡連結棒5の突起28が設けられた付近には、反射鏡連結棒5と交叉して上から押さえるように反射鏡組み立て用ガイド17が配置されることにより反射鏡連結棒5が浮き上がらないよう構成されており、かつ反射鏡連結棒5は弾性的に湾曲する材質および寸法になっている。図11に示すように反射鏡スライダ9が組み立て時の位置302に達した時に、反射鏡1が反射鏡スライダ9および基板10に対して垂直になるように各部を設計しておくと共に、くさび部11aが反射鏡スライダ9の縦長開口部29の図示下縁に設けられたくさび形切り込み24にはまり込むように配置しておくことにより、反射鏡1を垂直に固定することができる。

【0026】反射鏡スライダ9には、反射鏡1の設置位置の両（又は両側のうちの一方）の位置に、縦長主開口部31が設けられている。さらに、縦長主開口部31には、一端がその縦長主開口部31と連結され、他端が反射鏡1から遠ざかるように位置しつつその縦長主開口部

31の方向と直交するように配置された横長側路が設けられている。上述したように、反射鏡移動用第2のアクチュエータ22により反射鏡スライダ9を図の上方へ非反射状態における位置301から組み立て時の位置302へ移動させたとき、図11に示すように支持板組み立て用スライダ8の一端は縦長主開口部31内に突出した状態に位置するように基板10に固定されたくさび状の支持板組み立てアンカ30の移動に押されることによって反射鏡スライダ9の外側方向(図示の左方向)へ押し出される。支持板組み立て用スライダ8は支持板連結棒6を引っ張り、支持板組み立て機構結合ヒンジ(第四のヒンジ)104を通じて支持板4は引き起こされる。反射鏡スライダ9が組み立て時の位置302に達した時に、支持板4の一端側に設けたスリット23が反射鏡側縁端部(張出部)3を挟持する姿勢になるように各部を設計しておくと共に、くさび部11aが横長側路32の図示左縁(又は右縁)に設けられたくさび形切り込み24にはまり込むように配置しておくことにより、スリット23が反射鏡側縁端部(張出部)3を挟持した状態に固定される。

【0027】上述した組み立ての終了後、図12に示すように反射鏡移動用第1のアクチュエータ21により反射鏡スライダ9を図の下方へ組み立て時の位置302から非反射状態における位置301へ移動させて光スイッチとしての動作準備が完了する。図12に示した非反射状態から図13に示したように反射鏡移動用第1のアクチュエータ21で反射鏡スライダ9を非反射状態における位置301から反射状態における位置300に移動させて反射状態に切替えが可能である。

【0028】以上のような構成により、反射鏡1に入射する入射光ビーム200の光路が切り替えられるようにした光スイッチが実現可能である。

【0029】本発明の光スイッチの具体的な使用例としては、実施例1の説明において図7および図8を用いて述べた単純なON-OFFスイッチや1入力2出力(1×2)光スイッチと同様の使用例に適用することができる。

【0030】以上の説明において、各アクチュエータは静電型のスクラッチドライブアクチュエータを用いているが、これに限らず所望の駆動力とストロークを達成し得るものであればよい。また、固定機構11として反射鏡連結棒5あるいは支持板組み立て用スライダ8にくさび部11aおよび弾性梁11bを取り付け、反射鏡スライダ9にくさび形切り込み24を設けた構成を用いて説明したが、これに限らず反射鏡連結棒5あるいは支持板組み立て用スライダ8の端部にくさび形切り込み24を設け、反射鏡スライダ9にくさび部11aおよび弾性梁11bを取り付けた構成でも同様の機能を達成することができる。

【0031】(実施例3) 図14, 図15は本発明の第

3の実施例を示しており、実施例1あるいは実施例2で示した反射鏡1を複数枚、1枚の基板10に集積化した構成でマトリクススイッチ105を実現している。

【0032】図14は反射鏡1を4枚、1枚の基板10に集積化した構成で、2×2光スイッチを実現する実施例である。ここでは、4枚の反射鏡が互いに平行になり、かつ、反射状態位置における各反射鏡中心が1つの正方形の各頂点に位置するように配置され、これらの4枚の反射鏡にこの正方形の相対向する一方の組の二辺に10それぞれ沿う方向に入射させた第1, 第2の入力光I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>が、その正方形の相対向する他方の組の二辺にそれぞれ沿う方向に、入出力関係の平行状態又は交差状態のいずれかに切り替え選択して出力光O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>を取り出している。

【0033】図14(a)は入力光と出力光が交差しない関係で入力1が出力1に入力2が出力2に取り出される光マトリクススイッチ105を構成する場合であり、図14(b)は入力光と出力光が交差する関係で入力1が出力2に入力2が出力1に取り出される光マトリクス20スイッチ105を構成する場合である。いずれも入力光と出力光が直交しているが、4枚の反射鏡が平行になる配置であればこれに限らない。例えば、4枚の反射鏡が互いに平行になり、かつ反射状態位置における各反射鏡中心が1つの平行四辺形の各頂点に位置するように配置されてもよい。

【0034】図15は2×2構成の拡張であり、M×N(N≥M>1の整数)個の反射鏡をM行N列のマトリクス状に配置してR<sub>m</sub>行ではC<sub>n</sub>列(m, nは正の整数でM≥m≥1, N≥n≥1)の反射鏡のみを反射状態にして、入力光I<sub>m</sub>から出力光O<sub>n</sub>の入出力関係が得られ、非閉塞のM入力N出力の光スイッチ105を構成することができる。

### 【0035】

【発明の効果】本光ビーム空間伝播型光スイッチの利点は次の通りである。

(1) 光ビームは空間伝播するため低損失かつ偏波依存性が小さい。

(2) 光ビーム径を適切に選べば、鏡によるビームのON, OFFであるから消光比を非常に大きくとることができ、また、クロストークを極めて小さくすることができる。

(3) マイクロマシン技術で作製するため、超小型、超軽量であり、また、多数の反射鏡を同一基板に集積化することができ、また、自動組み立てが可能なため安価にマトリクス光スイッチが得られる。

(4) マイクロミラーの角度精度が良いために、基板を大型化して光路が長くなても光軸ずれによる光損失の増加が少ない。従って、マトリクス光スイッチを大規模化するのが容易である。

【0036】以上のように本発明により、超小型でアレ

イ状に集積化が容易であり安価に光スイッチおよび大規模マトリクス光スイッチを提供できるため、光スイッチの占有容積削減および集積化による部品点数や光配線の削減が可能で光情報処理機器、光計測機器および光通信機器の小型化、高信頼化ならびに低コスト化が図れ、その光情報処理、光計測および光通信分野における効果は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の構成を示す斜視図である。

【図2】図1に示す実施例1の動作を説明するための斜視図(a) (b)である。

【図3】図1に示す実施例1の組み立て前の状態を示す平面図である。

【図4】図1に示す実施例1の組み立て後の状態を示す平面図である。

【図5】図4の矢印A方向からみた正面図である。

【図6】本発明の実施例1に用いる固定構造の組み立て要領を説明するための組み立て前の状態(a)、組み立て中の状態(b)、組み立て完了の状態(c)を示す平面図である。

【図7】本発明による光スイッチの使用例を示す光伝送路図である。

【図8】本発明による光スイッチの1入力2出力切り替え光スイッチとしての使用例を示すブロック図である。

【図9】本発明の実施例1に用いる他の固定構造の組み立て要領を説明するための組み立て前の状態(a)、組み立て中の状態(b)、組み立て完了の状態(c)を示す平面図である。

【図10】本発明の実施例2の組み立て前の構成を示す平面図である。

【図11】本発明の実施例2の組み立て中の状態を説明するための平面図である。

【図12】本発明の実施例2の組み立て完了後における光信号の非反射状態を説明するための平面図である。

【図13】本発明の実施例2の組み立て完了後における光信号の反射状態を説明するための平面図である。

【図14】本発明の実施例3の構成例を示すブロック図である。

【図15】本発明の実施例3の他の構成例を示すブロック図である。

【符号の説明】

- 1 反射鏡
- 2 反射面
- 3 反射鏡側縁端部(張出部)
- 4 支持板
- 5 反射鏡連結棒
- 6 支持板連結棒
- 7 反射鏡組み立て用スライダ

8 支持板組み立て用スライダ

9 反射鏡スライダ

10 基板

11 固定機構

11a くさび部

11b 弹性梁

11c アンカ

11d くさび受けアンカ

12 反射鏡ヒンジ

10 13 反射鏡連結棒ヒンジ

14 支持板ヒンジ

15 支持板連結棒ヒンジ

16 支持板組み立て用ガイド

17 反射鏡組み立て用ガイド

18 反射鏡スライダガイド

19 支持板組み立て用アクチュエータ

20 反射鏡組み立て用アクチュエータ

21 反射鏡移動用第1のアクチュエータ

22 反射鏡移動用第2のアクチュエータ

20 23 スリット

24 くさび形切り込み

25a 入力側光ファイバ

25b 出力側光ファイバ

26a 入力側レンズ

26b 出力側レンズ

27 反射鏡組み立てアンカ

28 突起

29 反射鏡組み立てアンカ用開口部(縦長開口部)

30 支持板組み立て用アンカ

30 31 支持板組み立てアンカ用開口部(縦長主開口部)

32 横長側路

100 光スイッチ

101, 101a 反射鏡組み立て機構

102 支持板組み立て機構

103 反射鏡組み立て機構結合ヒンジ

104 支持板組み立て機構結合ヒンジ

105 マトリクス光スイッチ

200 入射光ビーム

201 反射光ビーム

40 202 透過光ビーム

203 入射光ビームの進行方向

204 反射光ビームの進行方向

300 反射状態における位置

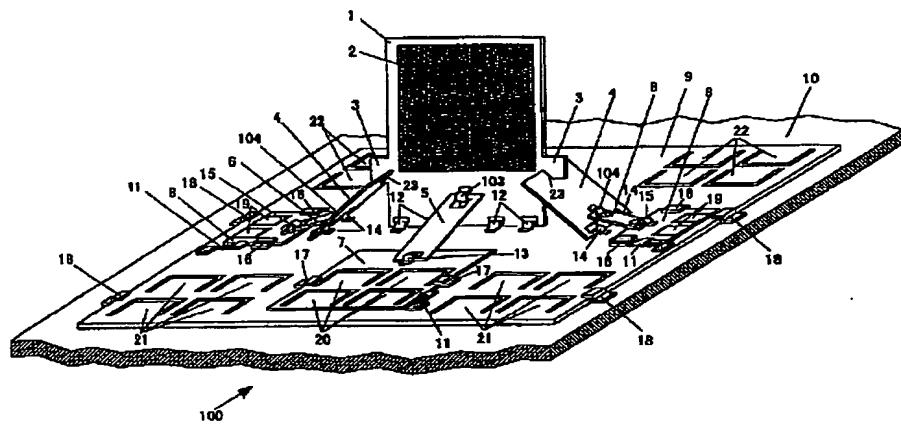
301 非反射状態における位置

302 組み立て時の位置

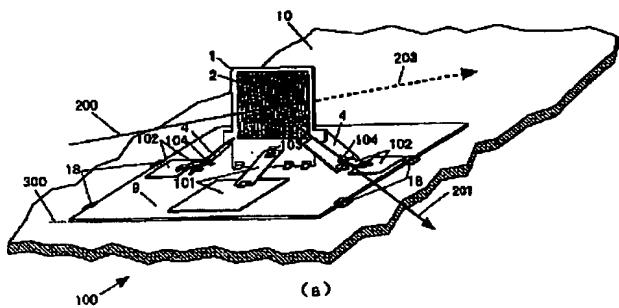
R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> … R<sub>M</sub> 反射鏡配置の行方向

C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> … C<sub>M</sub> 反射鏡配置の列方向

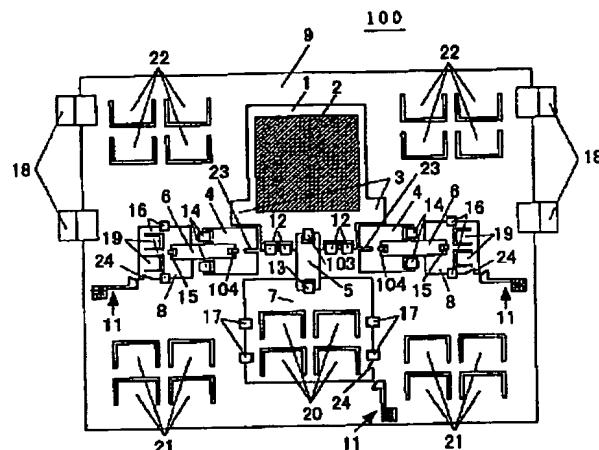
【図 1】



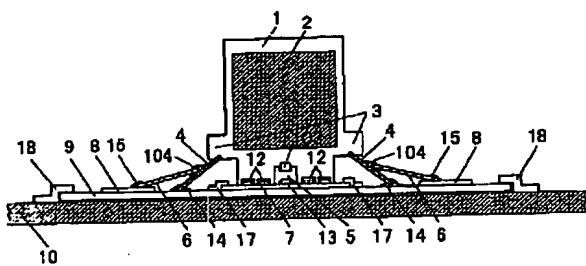
[図2]



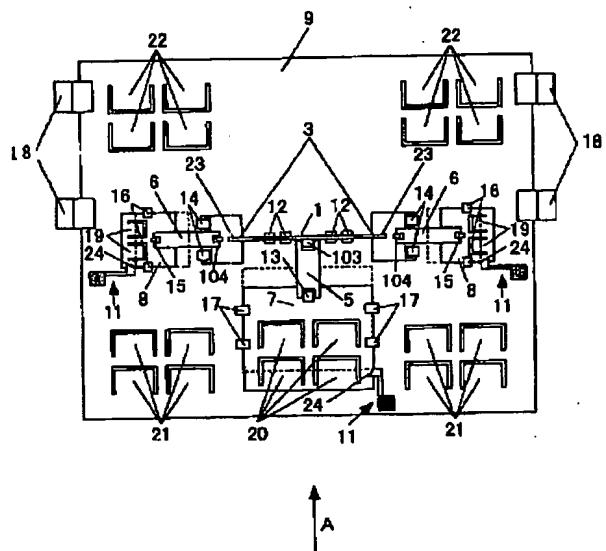
[図3]



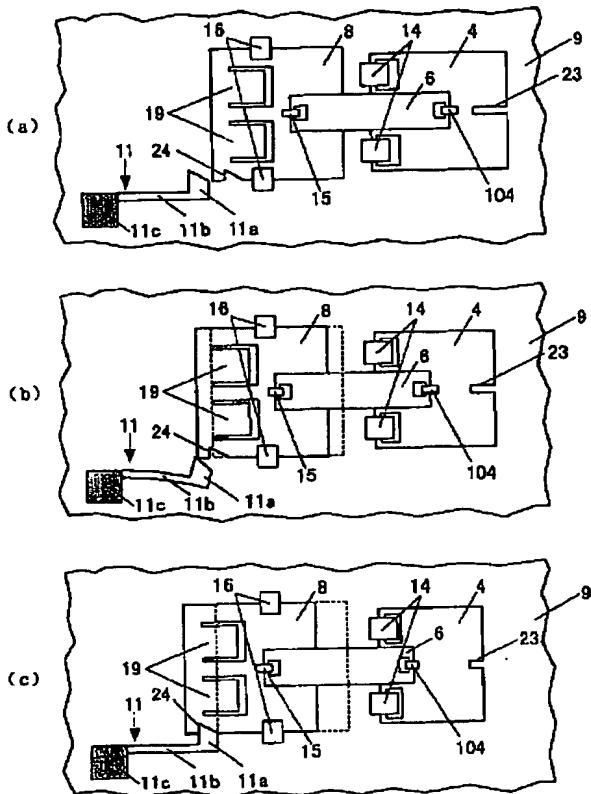
【図5】



【图 4】



【図6】



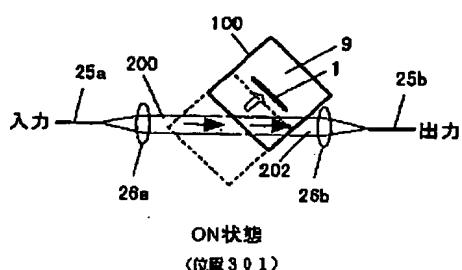
(図 7)



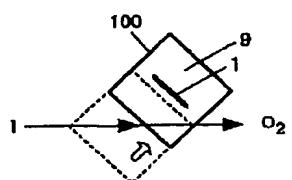
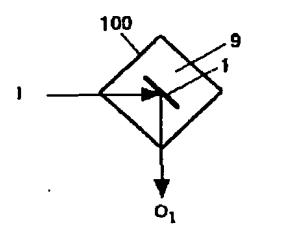
[図 8]



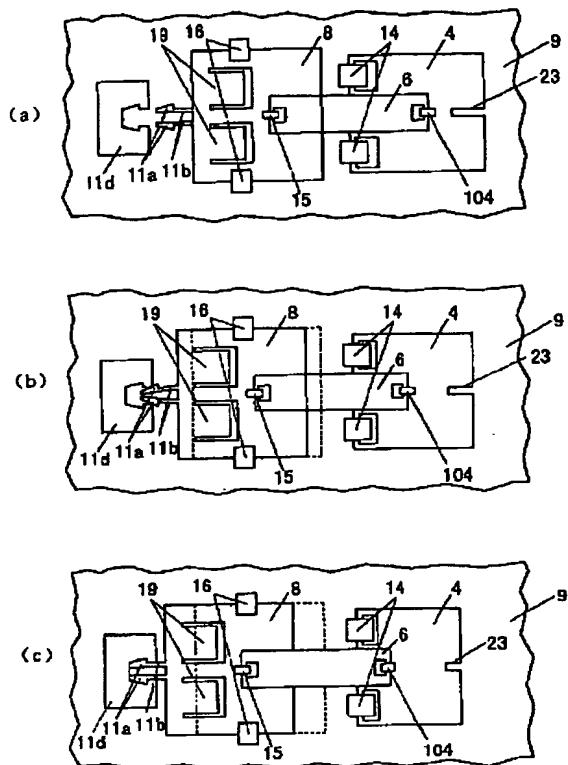
OFF狀態  
(位置3或9)



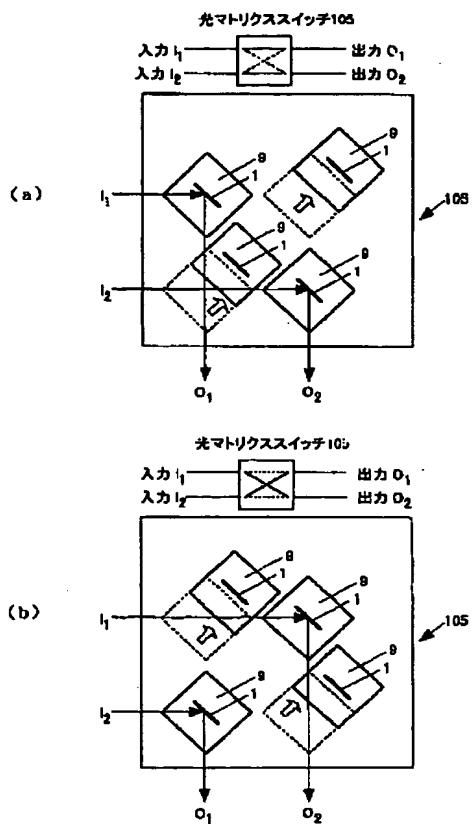
ON狀態  
(位置 301)



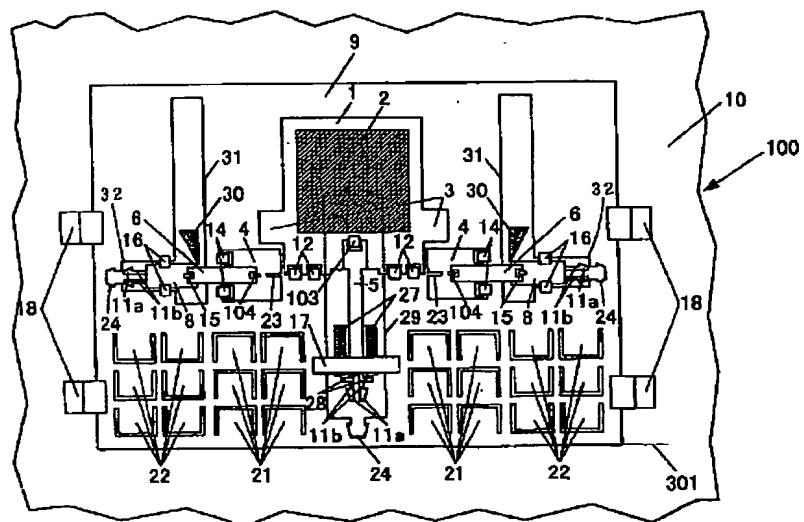
【図9】



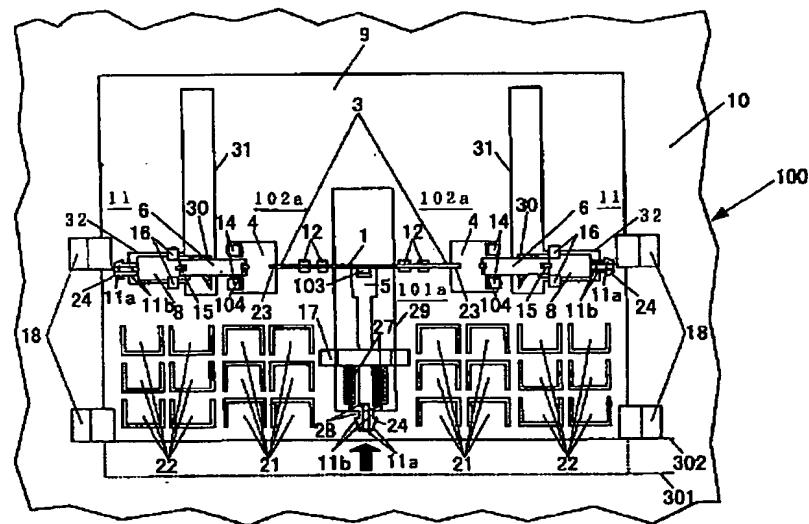
【図14】



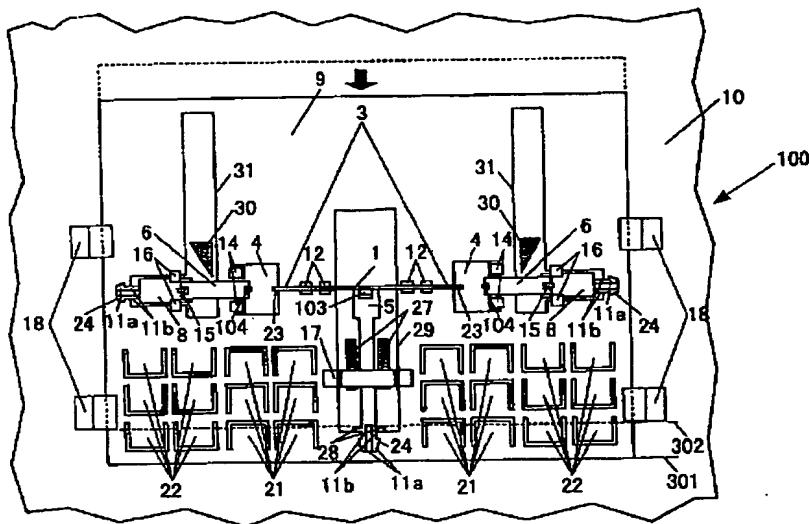
【図10】



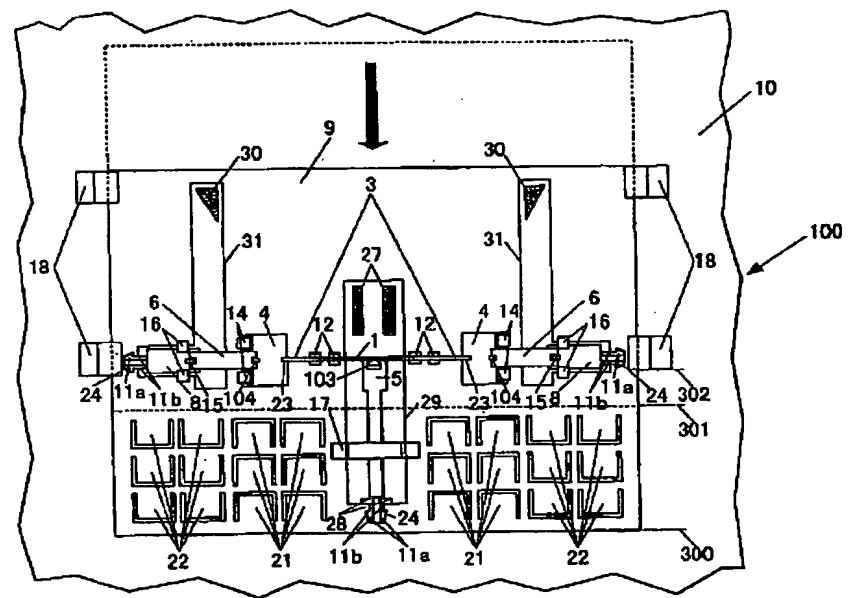
【図11】



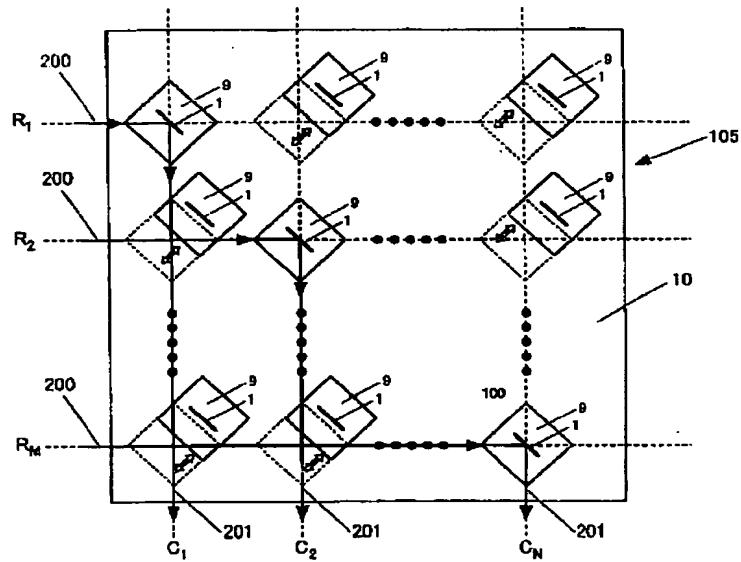
【図12】



【図13】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 山本 周

埼玉県上福岡市大原2-1-15 株式会社  
ケイディディ研究所内

F ターム(参考) 2H041 AA04 AA14 AB13 AC06 AZ02

AZ03